

(43) Date of publication of application: 06 . 05 . 97

E01F 8/00  
E01F 8/02

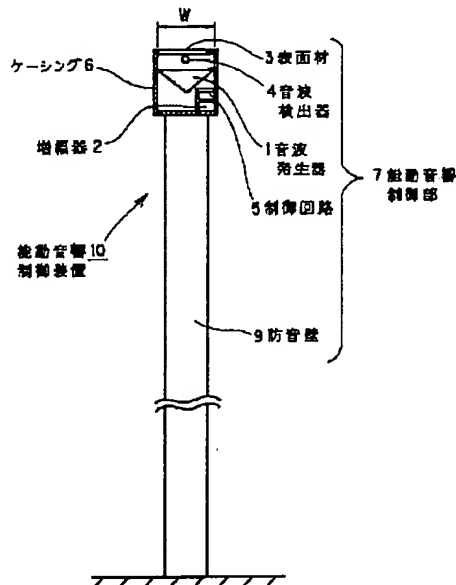
(71) Applicant: **mitsubishi heavy ind ltd**

(72) Inventor: NISHIMURA MASAHARU  
ONISHI KEIZO

(57) Abstract:

**SOLUTION:** An active acoustic control device is provided at the upper end of a soundproof wall. A transmission characteristic  $G$  determined by an acoustic wave detector 4, a control circuit 5, an amplifier 2 and an acoustic wave generator 1 in an active acoustic control part 7 is so adjusted as to be negative infinity or near negative infinity, or  $-1$  or near  $-1$ , and the flow resistance of surface material 3 of the active acoustic control part 7 is  $0$ , or the product of acoustic medium density and acoustic velocity, or between  $0$  and this product. Acoustic reflectance is thereby made near  $-1$ , near  $0$  or between  $-1$  and  $0$ .

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-119114

(43) 公開日 平成9年(1997)5月6日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>E 0 1 F 8/00  
8/02

識別記号

庁内整理番号

F I

E 0 1 F 8/00

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平7-277380

(22) 出願日 平成7年(1995)10月25日

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 西村 正治

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

(72) 発明者 大西 慶三

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

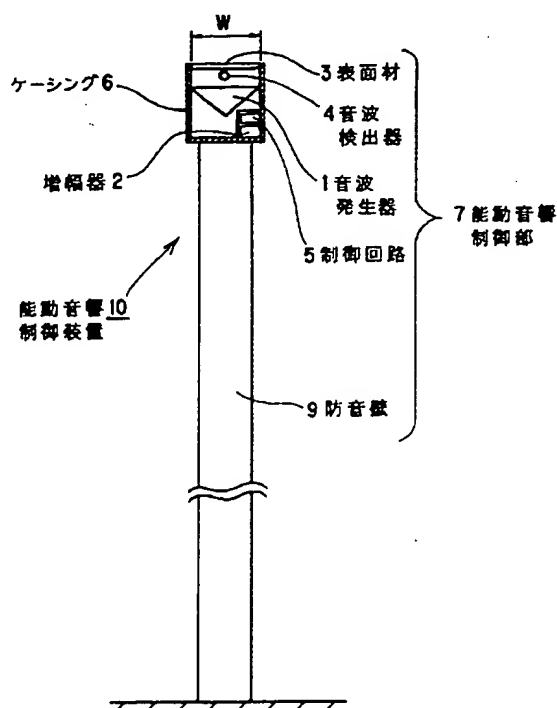
(74) 代理人 弁理士 光石 俊郎 (外2名)

## (54) 【発明の名称】 能動音響制御装置

## (57) 【要約】

【課題】 シンプルで小型な装置にして、防音性能を向上させる。

【解決手段】 防音壁の上端に能動音響制御部7を備える。能動音響制御部7の音波検出器4、制御回路5、増幅器2及び音波発生器1で決まる伝達特性Gは、負の無限大あるいは負の無限大の近傍、または、-1あるいは-1の近傍になるように調整されている。また能動音響制御部7の表面材3の流れ抵抗は、0、または音響媒質密度と音速との積、または0～前記積の間となっている。これにより音響反射率を-1近傍、0近傍、あるいは-1～0の間にする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 表面材と、この表面材に対向する位置に配置されて表面材に向い音波を送る音波発生器と、前記表面材と前記音波発生器との間で且つ前記表面材に近い位置に設置されており作用する音波に対応する検出信号を出力する音波検出器と、前記検出信号を演算して制御信号を出力する制御回路と、前記制御信号に応じた駆動信号を前記音波発生器に送ることにより駆動信号に応じた大きさの音波を音波発生器から発生させる増幅器とてなる能動音響制御部を、防音壁の上端に設置して構成され、更に前記音波検出器、制御回路、増幅器及び音波発生器で決まる伝達特性が負の無限大あるいは負の無限大の近傍になるように調整されており、前記表面材の流れ抵抗が非常に小さくなっていることを特徴とする能動音響制御装置。

【請求項 2】 表面材と、この表面材に対向する位置に配置されて表面材に向い音波を送る音波発生器と、前記表面材と前記音波発生器との間で且つ前記表面材に近い位置に設置されており作用する音波に対応する検出信号を出力する音波検出器と、前記検出信号を演算して制御信号を出力する制御回路と、前記制御信号に応じた駆動信号を前記音波発生器に送ることにより駆動信号に応じた大きさの音波を音波発生器から発生させる増幅器とてなる能動音響制御部を、防音壁の上端に設置して構成され、更に前記音波検出器、制御回路、増幅器及び音波発生器で決まる伝達特性が負の無限大あるいは負の無限大の近傍になるように調整されており、前記表面材の流れ抵抗の値が音響媒質の密度と音速とを掛けて得た数値にほぼ等しくなっていることを特徴とする能動音響制御装置。

【請求項 3】 表面材と、この表面材に対向する位置に配置されて表面材に向い音波を送る音波発生器と、前記表面材と前記音波発生器との間で且つ前記表面材に近い位置に設置されており作用する音波に対応する検出信号を出力する音波検出器と、前記検出信号を演算して制御信号を出力する制御回路と、前記制御信号に応じた駆動信号を前記音波発生器に送ることにより駆動信号に応じた大きさの音波を音波発生器から発生させる増幅器とてなる能動音響制御部を、防音壁の上端に設置して構成され、更に前記音波検出器、制御回路、増幅器及び音波発生器で決まる伝達特性が負の無限大あるいは負の無限大の近傍になるように調整されており、前記表面材の流れ抵抗の値が、ほぼ 0 の値と、音響媒質の密度と音速とを掛けて得た数値との間の値になっていることを特徴とする能動音響制御装置。

【請求項 4】 表面材と、この表面材に対向する位置に配置されて表面材に向い音波を送る音波発生器と、前記

表面材と前記音波発生器との間で且つ前記音波検出器に近い位置に設置されており作用する音波に対応する検出信号を出力する音波検出器と、前記検出信号を演算して制御信号を出力する制御回路と、前記制御信号に応じた駆動信号を前記音波発生器に送ることにより駆動信号に応じた大きさの音波を音波発生器から発生させる増幅器とてなる能動音響制御部を、防音壁の上端に設置して構成され、

更に前記音波検出器、制御回路、増幅器及び音波発生器で決まる伝達特性が  $-1$  あるいは  $-1$  の近傍になるように調整されており、前記表面材の流れ抵抗が非常に小さくなっていることを特徴とする能動音響制御装置。

【請求項 5】 前記能動音響制御部を、音波の伝搬方向に平行及び直角に複数配置したことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 または請求項 3 または請求項 4 の能動音響制御装置。

【請求項 6】 前記能動音響制御部を、円周方向及び長手方向にわたり複数配置し、しかも前記長手方向が水平方向となる状態で防音壁に設置されていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 または請求項 3 または請求項 4 の能動音響制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は高速道路や一般道路、鉄道等、或いは既設のフェンス、防音壁に付設されて騒音を低減する能動音響制御装置に係るものである。

【0002】

【従来の技術】この種の防音手法として、防音壁の上端に沿わせ少なくとも音波発生器または音波検出器を配置し、これとは別に音源側にもう一つの音波検出器を用いたものがある。これには図 11 (a) に示すように防音壁 19 上端に音波発生器 11、音源側に音波検出器 12 及び音源反対側に音波検出器 13 を配置したものがある。この方法は音源に近い点に音波検出器 12 を配設することにより、あらかじめ騒音源との間の相関度が高い信号を抽出し、その信号と音波検出器 13 で得られた信号を制御回路 15 で演算し、音波検出器 13 での音圧を 0 に制御するものである。もし騒音源が回転機械等であり、回転周期に依存した騒音を発生しているような場合は音波検出器 12 の代わりに回転機械の回転パルス等で騒音源との間の相関度が高い信号を抽出しても良い。

【0003】上記手法は Filtered-X-LMS アルゴリズムとして一般的に知られている制御手法である。この方法はフィードフォワード制御に分類される。音波検出器 13 には騒音源からの音波と音波発生器 11 からの音波の両方が到達するが、それらの干渉によって音波検出器 13 での音圧を 0 に制御する。音波検出器 13 での音圧を  $N_e$  とすると、 $N_e$  を 0 とするには、音波発生器 11 から出力すべき音圧  $N_c$  を以下のようにすればよい。

$$Nc = - (G_0 / H_0) \cdot Nc$$

【0004】ここで $G_0$ は騒音源から音波検出器13までの伝達特性を表し、 $H_0$ は音波発生器11から音波検出器13までの伝達特性を示している。即ちこの方法ではあらかじめ2つの音波検出器12、及び音波検出器13を配置し、位置を決定した上で騒音源或いは音波発生器11が騒音を発生している状態で上記伝達特性を測定して制御パラメータを決定する必要がある。

【0005】図11(b)は図11(a)の派生型を示し防音壁19上端に音波検出器13、音源側に音波検出器12及び音波発生器11を配置したものである。制御手法は図11(a)と同じものである。防音壁19上端に配置した音波検出器13の音圧を0に制御することにより防音壁19より下流側の騒音を低減することを意図したものである。この場合もあらかじめ2つの音波検出器12、及び音波検出器13を配置し、それらの位置を決定した上で騒音源或いは音波発生器11が騒音を発生している状態で上記伝達特性を測定し制御パラメータを決定する必要がある。

【0006】図11(c)は図11(a)の派生型を示し防音壁19上端にダクト14の開口部を設け、防音壁19の上端に音波検出器13を配置し、ダクト14の内部に音波発生器11、音源側に音波検出器12を配置したものである。制御手法は図11(a)と同じものである。防音壁19上端に配置した音波検出器13の音圧を0に制御することにより防音壁19より下流側の騒音を低減することを意図したものである。この場合もあらかじめ2つの音波検出器12、及び音波検出器13を配置し、それらの位置を決定した上で騒音源或いは音波発生器11が騒音を発生している状態で上記伝達特性を測定し制御パラメータを決定する必要がある。

【0007】また防音壁19上端表面において制御回路を用いず、特定の周波数においてのみ音響反射率を-1近くにしたものは、実願平2-47606号公報によって知られている。これは図12に示すように下端面に母線方向に延びる切れ込みA1aが施された水平円筒状の吸音筒A1の内部に同吸音筒A1と同心状に位置するように小円筒A42が防音壁板A5に接着されている。この場合、小円筒A42と前記吸音筒A1との間の空気層厚みdが、消音しようとする音波の波長 $\lambda$ に対して $d = \lambda / 4$ なる値をとるようにすると、吸音筒表面の吸音性能を向上することができる。なおA41は仕切板、A6はセラミックス吸音板である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら図11

(a)に示すような防音壁19上端に音波発生器11、音源側に音波検出器12及び音源反対側に音波検出器13を配置したもの、図11(b)に示すような防音壁19上端に音波検出器13、音源側に音波検出器12及び音波発生器11を配置したもの及び図11(c)に示す

ような防音壁19上端にダクト14の開口部を設け、防音壁19の上端に音波検出器13を配置し、ダクト14の内部に音波発生器11、音源側に音波検出器12を配置したものは、音波検出器12、音波検出器13という2種類の音波検出器を配置する必要があり、制御回路が複雑になるだけでなく設置スペースが増加するという問題があった。またフィードフォワード制御であるため、あらかじめ2つの音波検出器12、及び音波検出器13を配置し、それらの位置を決定した上で騒音源或いは音波発生器11が騒音を発生している状態で上記伝達特性を測定し制御パラメータを決定する必要がある、操作が煩雑になるという問題があった。

【0009】また図12に示す実願平2-47606号公報によって知られるものは制御回路を用いていないため吸音筒内空気層の厚みdが音波の波長 $\lambda$ に対して $d = \lambda / 4$ となる特定の周波数においてのみ音響反射率を-1近くを実現できるにすぎず、広い周波数域に対して音響反射率を-1近くにすることはできないという問題があった。

【0010】本発明はかかる上記従来の問題点に鑑みて提案されるもので、その目的は広い周波数域に対して音響反射率を0近傍から-1近傍の間に制御することにより防音性能を向上させ、音波検出器の数を最小限にすることによりシンプルな制御回路で実現でき設置スペースも縮小できる点にある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明は、表面材と、この表面材に対向する位置に配置されて表面材に向い音波を送る音波発生器と、前記表面材と前記音波発生器との間で且つ前記表面材に近い位置に設置されており作用する音波に対応する検出信号を出力する音波検出器と、前記検出信号を演算して制御信号を出力する制御回路と、前記制御信号に応じた駆動信号を前記音波発生器に送ることにより駆動信号に応じた大きさの音波を音波発生器から発生させる増幅器とでなる能動音響制御部を、防音壁の上端に設置して構成され、更に前記音波検出器、制御回路、増幅器及び音波発生器で決まる伝達特性が負の無限大あるいは負の無限大の近傍になるように調整されており、前記表面材の流れ抵抗が非常に小さくなっていることを特徴とする。

【0012】また本発明は、表面材と、この表面材に対向する位置に配置されて表面材に向い音波を送る音波発生器と、前記表面材と前記音波発生器との間で且つ前記表面材に近い位置に設置されており作用する音波に対応する検出信号を出力する音波検出器と、前記検出信号を演算して制御信号を出力する制御回路と、前記制御信号に応じた駆動信号を前記音波発生器に送ることにより駆動信号に応じた大きさの音波を音波発生器から発生させる増幅器とでなる能動音響制御部を、防音壁の上端に設置して構成され、更に前記音波検出器、制御回路、増幅

器及び音波発生器で決まる伝達特性が負の無限大あるいは負の無限大の近傍になるように調整されており、前記表面材の流れ抵抗の値が音響媒質の密度と音速とを掛けて得た数値にはほぼ等しくなっていることを特徴とする。

【0013】また本発明は、表面材と、この表面材に対向する位置に配置されて表面材に向い音波を送る音波発生器と、前記表面材と前記音波発生器との間で且つ前記表面材に近い位置に設置されており作用する音波に対応する検出信号を出力する音波検出器と、前記検出信号を演算して制御信号を出力する制御回路と、前記制御信号に応じた駆動信号を前記音波発生器に送ることにより駆動信号に応じた大きさの音波を音波発生器から発生させる増幅器とでなる能動音響制御部を、防音壁の上端に設置して構成され、更に前記音波検出器、制御回路、増幅器及び音波発生器で決まる伝達特性が負の無限大あるいは負の無限大の近傍になるように調整されており、前記表面材の流れ抵抗の値が、ほぼ0の値と、音響媒質の密度と音速とを掛けて得た数値との間の値になっていることを特徴とする。

【0014】また本発明は、表面材と、この表面材に対向する位置に配置されて表面材に向い音波を送る音波発生器と、前記表面材と前記音波発生器との間で且つ前記音波検出器に近い位置に設置されており作用する音波に対応する検出信号を出力する音波検出器と、前記検出信号を演算して制御信号を出力する制御回路と、前記制御信号に応じた駆動信号を前記音波発生器に送ることにより駆動信号に応じた大きさの音波を音波発生器から発生させる増幅器とでなる能動音響制御部を、防音壁の上端に設置して構成され、更に前記音波検出器、制御回路、増幅器及び音波発生器で決まる伝達特性が-1あるいは-1の近傍になるように調整されており、前記表面材の流れ抵抗が非常に小さくなっていることを特徴とする。

【0015】また本発明は、前記能動音響制御部を、音波の伝搬方向に平行及び直角に複数配置したことを特徴とする。

【0016】また本発明は、前記能動音響制御部を、円周方向及び長手方向にわたり複数配置し、しかも前記長手方向が水平方向となる状態で防音壁に設置されていることを特徴とする。

【0017】本発明によれば、表面材の外部表面での音響反射率を0近傍、-1近傍或いはそれらの間に制御し、適切な流れ抵抗 $R_f$ を持つ表面材を選定することによって広い周波数域において防音壁の防音性能をより向上させ、制御回路としてはもっともシンプルな1入力1出力の回路で実現でき、その結果音波検出器の個数を少なくできるので設置スペースも縮小することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を図面に基づき詳細に説明する。図1は本発明の実施の形態の第1例を示す。図1に示すように第1例の能動音響制御

装置10は、防音壁9の上端に能動音響制御部7を設置して構成している。能動音響制御部7は、ケーシング6内に、音波発生器1、増幅器2、表面材3、音波検出器4及び制御回路5を一体に組み込んだ構成となっている。

【0019】表面材3はケーシング6の開口面（図1では上端開口面）を覆う状態で張り付けられている。理由は後述するが、表面材3の材質を次のように選定している。

- ① 音響反射率を-1近傍とするように制御するときには、表面材3の流れ抵抗 $R_f$ が非常に小さくなるよう、表面材3の材質を選定する。
- ② 音響反射率を0近傍とするように制御するときには、 $R_f = \rho \cdot c$ となる流れ抵抗 $R_f$ を有する表面材3や $R_f$ が非常に小さい表面材3の材質を選定する。なお $\rho$ は音響媒質の密度、 $c$ は音速である。
- ③ 音響反射率を、-1近傍～0近傍の間の値とするときには、流れ $R_f$ を非常に小さい値～ $\rho \cdot c$ の間の値とする。

【0020】音波発生器1は表面材3に対向して配置されており、音波発生器1で発生した音波が表面材3に入射される。音波検出器4は、表面材3と音波発生器1との間の位置で且つ、表面材3に近い位置に設置されている。なお音波検出器4を、表面材3と音波発生器1との間の位置で且つ、音波発生器1に近い位置に設置することもある。

【0021】ブロック図である図2に示すように、音波検出器4はこの音波検出器4に作用する音波に対応する検出信号を出力する。制御回路5は検出信号を演算して求めた制御信号を増幅器2に送る。増幅器2は制御信号に応じた駆動信号を音波発生器1に送る。音波発生器1は駆動信号に応じた音波を発生する。

【0022】更に本実施例では、音波検出器4と制御回路5と増幅器2と音波発生器1で決められる伝達特性を $G$ とすると、この伝達特性 $G$ を負の無限大あるいはそれ（負の無限大）近傍になるように、または、伝達特性 $G$ を-1または-1近傍になるように、広い周波数にわたり制御する。具体的には制御回路5は、あらかじめ各周波数における伝達特性 $G$ のパターンを保持しており、音波検出器4から送られてくる検出信号に応じて適宜演算を行い、増幅器2に制御信号を送る。

【0023】このようにして伝達特性 $G$ を負の無限大あるいはそれ近傍になるように、または、伝達特性 $G$ を-1または-1近傍になるように、広い周波数にわたり制御しているので、音波検出器4に作用する音圧を $P$ 、音波発生器1から出力される制御音圧を $P_c$ とすると、 $P_c = G \cdot P$ が成立する。

【0024】結局第1例の能動音響制御装置10は、表面材3の流れ抵抗 $R_f$ を前述した①～③のものとし、且つ伝達特性 $G$ を負の無限大またはそれ近傍、または、-

1 または-1 近傍になるように広い周波数にわたり制御することにより、騒音低減（防音）の効果が得られるのである。

【0025】結局、次のような構成とする。

(1) 音響反射率を-1 近傍にするときには、流れ抵抗  $R_f$  を非常に小さくし、伝達特性  $G$  を負の無限大またはそれ近傍にし、音波検出器4を表面材3の近くに設置する。

(2-1) 音響反射率を0 近傍にするときには、流れ抵抗  $R_f$  を非常に小さくし、伝達特性  $G$  を-1 またはそれ近傍にし、音波検出器4を音波発生器1の近くに設置する。

(2-2) 音響反射率を0 近傍にするときには、 $R_f = P_c$  とし、伝達特性  $G$  を負の無限大またはそれ近傍にし、音波検出器4を表面材3の近くに設置する。

$$P = P_r + P_l$$

【0028】ここで  $P_r$  は音波発生器1から音波検出器4に向かう方向の成分のみ取り出した音波、 $P_l$  は音波検出器4から音波発生器1に向かう方向の成分のみ取り出した音波である。ここで制御を行い音波発生器1から制御音圧  $P_c$  が作用すると考える。音波検出器4と制御

$$P = P_r + P_l + P_c = P_r + P_l + G \cdot P \quad \dots (2)$$

(2) 式より (3) 式が成立する。

$$P = (P_r + P_l) / (1 - G) \quad \dots (3)$$

(3) 式において  $G$  を負の無限大にすることにより

$$P = 0 \quad \dots (4)$$

従って次式が成立する。

$$P_r + P_l = 0 \quad \dots (5)$$

一方、音響反射率  $R$  は (6) 式のように表される。

$$R = P_r / P_l \quad \dots (6)$$

(5)、(6) 式より (7) 式が成立する。

$$R = -1 \quad \dots (7)$$

【0030】即ち音波検出器4と制御回路5と増幅器2と音波発生器1で決められる伝達特性を  $G$  を負の無限大或いはそれ近傍になるように広い周波数域にわたり制御を行うことにより、広い周波数域での音響反射率  $R = -1$  或いは-1 近くとなる状態を実現することができる。

【0031】次に音響反射率を0 近傍に制御する第1の手法を示す。この場合、表面材3の流れ抵抗  $R_f$  は非常

$$P = P_r + P_l$$

【0032】ここで  $P_r$  は音波発生器1から音波検出器4に向かう方向の成分のみ取り出した音波、 $P_l$  は音波検出器4から音波発生器1に向かう方向の成分のみ取り出した音波である。ここで音波検出器4は音波発生器1

$$P_r = P_l \quad \dots (2')$$

(1') 式、(2') 式より (3') 式が成立する。

$$P = 2 P_l \quad \dots (3')$$

ここで制御を行い音波発生器1から制御音圧  $P_c$  が作用すると考える。音波検出器4と制御回路5と増幅器2と音波発生器1で決められる伝達特性を  $G$  としているので

$$P = 2 P_l + P_c = 2 P_l + G \cdot P \quad \dots (4')$$

【0026】上記構成により、音響反射率を-1 近傍に制御したり、音響反射率を0 近傍に制御したり、音響反射率を0 近傍と-1 近傍の間の値に制御したりすることにより、騒音を低減することのできる理由（制御方法）を、以下に説明する。

【0027】まず音響反射率を-1 近傍に制御する手法を示す。表面材3の流れ抵抗  $R_f$  は非常に小さいもの

（例えば粗い目を持つ薄い布地状のもの等）を用いるとする。また音波検出器4は表面材3の近くに設置しておく。ここで図2に示す音波検出器4と制御回路5と増幅器2と音波発生器1で決められる伝達特性を  $G$  と呼ぶこととする。音波検出器4での音圧  $P$  について制御無しの場合、以下の式が成立する。

$$\dots (1)$$

回路5と増幅器2と音波発生器1で決められる伝達特性を  $G$  としているので  $P_c = G \cdot P$  が成立する。これを表現すると、(2) 式のようになる。

【0029】

$$\dots (2)$$

$$\dots (3)$$

(4) 式が成立する。

$$\dots (4)$$

$$\dots (5)$$

$$\dots (6)$$

$$\dots (7)$$

に小さいもの（例えば粗い目を持つ薄い布地状のもの等）を用いるとする。また音波検出器4は音波発生器1の近くに設置しておく。ここで図2に示す音波検出器4と制御回路5と増幅器2と音波発生器1で決められる伝達特性を  $G$  と呼ぶこととする。音波検出器4での音圧  $P$  について制御無しの場合、以下の式が成立する。

$$\dots (1')$$

に近い位置に設置されているので、制御無しの場合、音波発生器1の表面で音波が完全反射すると考えると、以下の式が成立する。

$$\dots (2')$$

$$\dots (3')$$

$P_c = G \cdot P$  が成立する。これを表現すると、(4') 式のようになる。

【0033】

$$\dots (4')$$

(1') 式より (5') 式が成立する。

$$P = 2 P_1 / (1 - G) \quad \dots (5')$$

(5') 式において  $G$  を  $-1$  にすることにより (6') 式が成立する。

$$P = 2 P_1 / 2 = P_1 \quad \dots (6')$$

(6') 式を (1') 式に代入すると以下のようになる。

$$P_r = 0 \quad \dots (7')$$

一方、音響反射率  $R$  は (8') 式のように表される。

$$R = P_r / P_1 \quad \dots (8')$$

(7')、(8') 式より (9') 式が成立する。

$$R = 0 \quad \dots (9')$$

これにより、表面材 3 の流れ抵抗  $R_f$  は非常に小さいもの（例えば粗い目を持つ薄い布地状のもの等）を用いているので、表面材 3 の表面での音響反射率  $R$  を 0 に制御することができる。

【0034】次に音響反射率を 0 近傍に制御する第 2 手

$$R = (Z_1 / Z_0 - 1) / (Z_1 / Z_0 + 1) \quad \dots (8)$$

ここで  $Z_1$  は表面材 3 の外部表面での音響インピーダンス、 $Z_0$  は音響媒質の特性インピーダンスである。 $Z_0$

$$R = (Z_1 / (\rho \cdot c) - 1) / (Z_1 / (\rho \cdot c) + 1) \quad \dots (9)$$

【0035】一方、表面材 3 の流れ抵抗を  $R_f$  とし、制御無しの場合で音波発生器 1 は十分に剛であるとすれば

$$Z_1 = R_f - i \rho c \cot k l \quad \dots (10)$$

ここで  $i$  は虚数単位、 $k$  は波数、 $l$  は音波発生器 1 から表面材 3 までの長さである。前述の伝達特性  $G$  を負の無限大にする制御を目的の周波数域について行くと長さ  $l$

$$Z_1 = R_f \quad \dots (11)$$

【0036】(11) 式で表面材 3 の流れ抵抗  $R_f$  を  $R_f = \rho \cdot c$  となる表面材 3 を選定すれば、(9) 式に代入

$$R = ((\rho \cdot c) / (\rho \cdot c) - 1) / ((\rho \cdot c) / (\rho \cdot c) + 1) \\ = 0 / 2 = 0 \quad \dots (12)$$

【0037】また音響反射率  $R$  を  $-1$  近傍に制御する手法では前記のように表面材 3 の流れ抵抗  $R_f$  は非常に小

$$Z_1 = -i \rho c \cot k l \quad \dots (13)$$

【0038】(9) 式で表面材の外部表面での音響インピーダンス  $Z_1 = 0$  とすると音響反射率  $R = -1 / 1 = -1$  となる。これは音響反射率  $R$  を  $-1$  近傍に制御する手法が (9) 式、(10) 式で表されることを示している。即ち本発明で示す制御を用いると表面材 3 の流れ抵抗  $R_f$  が表面材 3 の外部表面での音響インピーダンス  $Z_1$  に等しくなる。 $Z_1$  が決まれば (9) 式により表面材 3 の外部表面での音響反射率  $R$  が決定され、表面材 3 の流れ抵抗  $R_f$  を  $R_f = 0$  とすれば  $R = -1$  となり、 $R_f = \rho c$  とすれば  $R = 0$  となる。従って流れた抵抗  $R_f$  を適切な値にすることにより音響反射率  $R$  を 0 近傍、 $-1$  近傍或いはそれらの間にすることができる。

【0039】以上、総合すると本発明で提案する手法を用いれば表面材 3 の流れ抵抗  $R_f$  を適切に設定することにより音響反射率  $R$  を 0 近傍、 $-1$  近傍或いはそれらの間に制御することができる。

【0040】能動音響制御部 7 の幅  $W$  については制御し

成立する。

法を示す。この場合、音波検出器 4 は表面材 3 の近くに設置しておく。表面材 3 の外部表面での音響反射率  $R$  は音響インピーダンス  $Z$  を用いて表すと (8) 式のようになる。

は音響媒質の密度  $\rho$  と音速  $c$  の積で表すことができる。

従って (9) 式が成り立つ。

20  $Z_1$  は (10) 式のように表すことができる。

に関わらず  $\cot k l = 0$  とすることができる。従って (11) 式が成立する。

して表面材 3 の外部表面での音響反射率  $R$  は (12) 式のようになり、音響反射率  $R = 0$  が実現できる。

さいものを用いるとしているので  $R_f = 0$  として (10) 式は (13) 式ようになる。

ようとする音波の最短波長  $\lambda_0$  に対し  $W < \lambda_0 / 4$  程度であれば実用上十分である。

【0041】また実際の能動音響制御装置 10 の構成としては図 3 に示すように、能動音響制御部 7 を防音壁 9 の上端長手方向に複数個配置する。各能動音響制御部 7 の間隔  $B$  は能動音響制御部 7 の幅  $W$  程度とっておけば実用上十分である。各能動音響制御部 7 の間には互いに隣接する能動音響制御部 7 の音波発生器 1 の制御音波が他の能動音響制御部 7 の音波検出器 4 に悪影響を及ぼさないように仕切り板（例えば薄い鉄板等）を設けるのが望ましい。

【0042】図 4 は本発明の実施の形態の第 2 例を示す。第 2 例は、第 1 例に対し、音波発生器 1 から表面材 3 迄の長さを  $l$  としていることが異なる。 $l$  については  $l = W$  程度の長さとしておけば実用上十分である。図 5 は第 2 例の派生型を示し、表面材 3 を曲げ成形することにより外観の美観を向上させる。実際の能動音響制御装

置 1 0 の構成としては図 3 に示すように制御部 7 を防音壁 9 の上端長手方向に複数個配置する。各制御部 7 の間隔 B は制御部 7 の幅 W 程度とっておけば実用上十分である。制御方法は第 1 例に示したものと同様である。各制御部 7 間には互いに隣接する制御部 7 の音波発生器 1 の制御音波が他の制御部 7 の音波検出器 4 に悪影響を及ぼさないように仕切り板（例えば薄い鉄板等）を設けるのが望ましい。

【0043】図 6 は本発明の実施の形態の第 3 例を示し、第 1 例に対し能動音響制御部 7 を音波の伝搬方向に  
10 対し平行及び直角に複数個配置したものである。なお 8 は保持具である。図 7 は第 3 例の派生型を示し、防音壁 9 の上端に音波の上流側・下流側の両側に制御部 7 を配置したものである。図 8 は第 3 例の派生型を示し、第 1 例に示した制御部 7 の代わりに第 2 例で示した制御部 7 を用いるものである。実際の防音壁の構成としては図 3 に示すように制御部 7 を防音壁 9 の上端長手方向に複数  
20 個配置する。各制御部 7 の間隔 B は制御部 7 の幅 W 程度とっておけば実用上十分である。制御方法は第 1 例に示したものと同様である。各制御部 7 間には互いに隣接する制御部 7 の音波発生器 1 の制御音波が他のユニットの音波検出器 4 に悪影響を及ぼさないように仕切り板（例えば薄い鉄板等）を設けるのが望ましい。

【0044】図 9 は本発明の実施の形態の第 4 例を示し、防音壁 9 の上端に音波発生器 1 を同一断面に複数個設置し、それらの外側近傍を表面材 3 で保護し、各音波発生器 1 に対峙する表面材 3 の近傍に音波検出器 4 をそれぞれ配置する。能動音響制御部 7 の幅 W については制  
30 御しようとする音波の最短波長  $\lambda_0$  に対し  $W < \lambda_0 / 4$  程度であれば実用上十分である。W が決まれば防音壁 9 上端に設置できる制御部 7 の断面内の音波発生器 1 及び音波検出器 4 の配置個数が決まる。断面内の各制御部 7 間には互いに隣接する制御部 7 の音波発生器 1 の制御音波が他の制御部 7 の音波検出器 4 に悪影響を及ぼさないように例えば薄い鉄板等による円周方向仕切り板 6 a を設けるのが望ましい。実際の能動音響制御装置 1 0 の構成としては図 3 に示すように制御部 7 を防音壁 9 の上端長手方向に複数個配置する。各制御部 7 の間隔 B は制御部 7 の幅 W 程度とっておけば実用上十分である。制御方法は第 1 例に示したものと同様である。防音壁長手方向の  
40 各制御部 7 間には互いに隣接する制御部 7 の音波発生器 1 の制御音波が他の制御部 7 の音波検出器 4 に悪影響を及ぼさないように仕切り板（例えば薄い鉄板等）を設けるのが望ましい。

【0045】図 1 0 は本発明の実施の形態の第 5 例を示し、防音壁 9 の上端に音波発生器 1 を同一断面に複数個設置し、それらの外側を表面材 3 で保護し、音波発生器 4 と表面材 3 間の長さを  $\lambda_0$  とする。各音波発生器 1 に対峙する表面材 3 の近傍に音波検出器 4 をそれぞれ配置する。制御部 7 の幅 W については制御しようとする音波の  
50

最短反射  $\lambda_0$  に対し  $W < \lambda_0 / 4$  程度であれば実用上十分である。W が決まれば防音壁 9 上端に設置できる制御部 7 の断面内の音波発生器 1 及び音波検出器 4 の配置個数が決まる。しについては  $L = W$  程度の長さとしておけば実用上十分である。断面内の各制御部 7 間には互いに隣接する制御部 7 の音波発生器 1 の制御音波が他の制御部 7 の音波検出器 4 に悪影響を及ぼさないように例えば  
10 薄い鉄板等による円周方向仕切り板 6 a を設けるのが望ましい。実際の能動音響制御装置 1 0 の構成としては図 3 に示すように制御部 7 を防音壁 9 の上端長手方向に複数個配置する。各制御部 7 の間隔 B は制御部 7 の幅 W 程度とっておけば実用上十分である。制御方法は第 1 例に示したものと同様である。防音壁 9 の長手方向の各制御部 7 間には互いに隣接する制御部 7 の音波発生器 1 の制御音波が他の制御部 7 の音波検出器 4 に悪影響を及ぼさないように仕切り板（例えば薄い鉄板等）を設けるのが望ましい。

【0046】第 1 例、第 2 例、第 3 例、第 4 例、第 5 例共、制御部 7 は一体化されているので既設の防音壁に迫  
20 設することは容易である。なお、各図中、均等部分には同一符号が付されている。

#### 【0047】

【発明の効果】以上実施の形態と共に具体的に説明したように本発明によれば、防音壁の上端に設置した能動音響制御部の音波検出器、制御回路、増幅器及び音波発生器で決まる伝達特性が負の無限大あるいは負の無限大の近傍や、 $-1$  あるいは  $-1$  の近傍になるように調整し、表面材の流れ抵抗を、非常に小さくしたり、音響媒質の密度と音速との積としたり、0 と前記積の間にすることにより、表面材の外側表面での音響反射率を  $-1$  近傍、  
30 0 近傍或いはそれらの間に制御することによって、広い周波数域において防音壁の防音性能をより向上させ、シンプルな制御回路で実現でき、設置スペースも縮小することができる。

【0048】更に能動音響制御装置を、音波の伝搬方向に平行や直角に複数配置したり、円筒状に複数配置することにより、防音効果が高くなる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態の第 1 例を示す構成図。

【図 2】第 1 例の制御系を示すブロック図。

【図 3】実施の形態の実際の設置状況を示す斜視図。

【図 4】本発明の実施の形態の第 2 例を示す構成図。

【図 5】第 2 例の変形例を示す構成図。

【図 6】本発明の実施の形態の第 3 例を示す構成図。

【図 7】第 3 例の変形例を示す構成図。

【図 8】第 3 例の変形例を示す構成図。

【図 9】本発明の実施の形態の第 4 例を示す構成図。

【図 1 0】本発明の実施の形態の第 5 例を示す構成図。

【図 1 1】従来技術を示す構成図。

【図 1 2】従来技術を示す構成図。

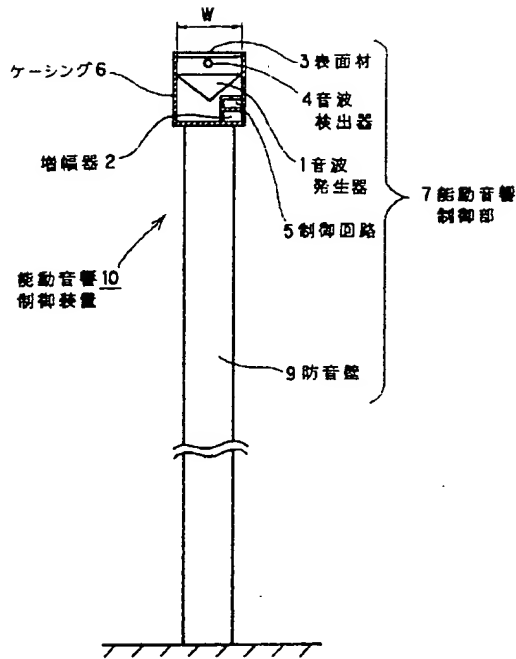


13

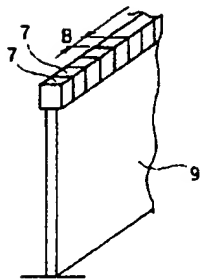
## 【符号の説明】

- 1 音波発生器
- 2 増幅器
- 3 表面材
- 4 音波検出器
- 5 制御回路
- 6 ケーシング
- 7 能動音響制御部

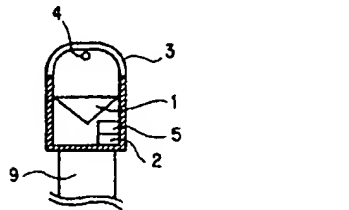
【図1】



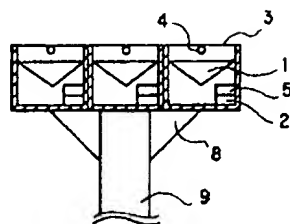
【図3】



【図5】



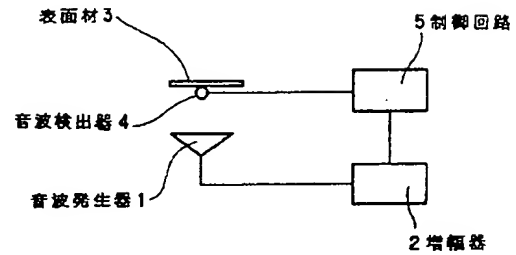
【図7】



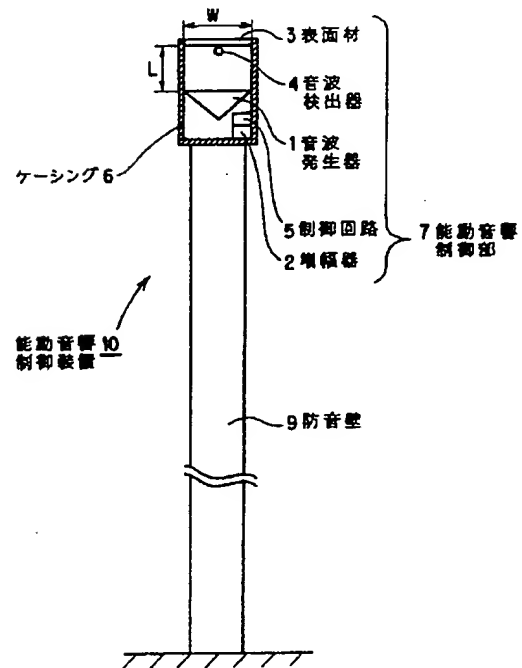
14

- 8 保持具
- 9 防音壁
- 10 能動音響制御装置
- 11 音波発生器
- 12, 13 音波検出器
- 14 ダクト
- 15 制御回路
- 19 防音壁

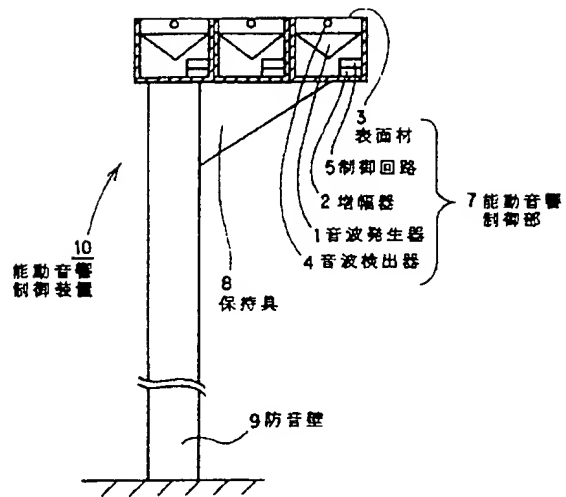
【図2】



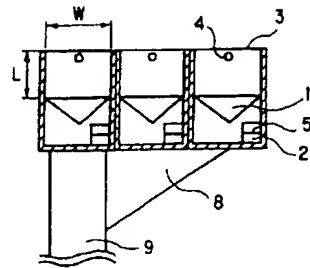
【図4】



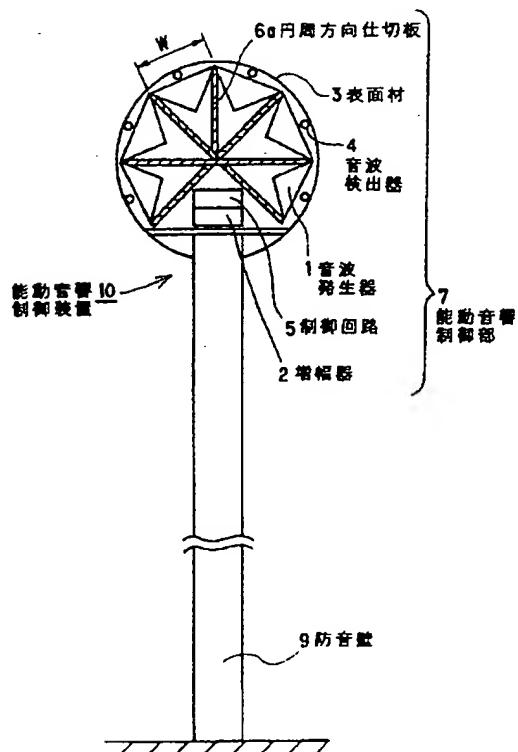
【図6】



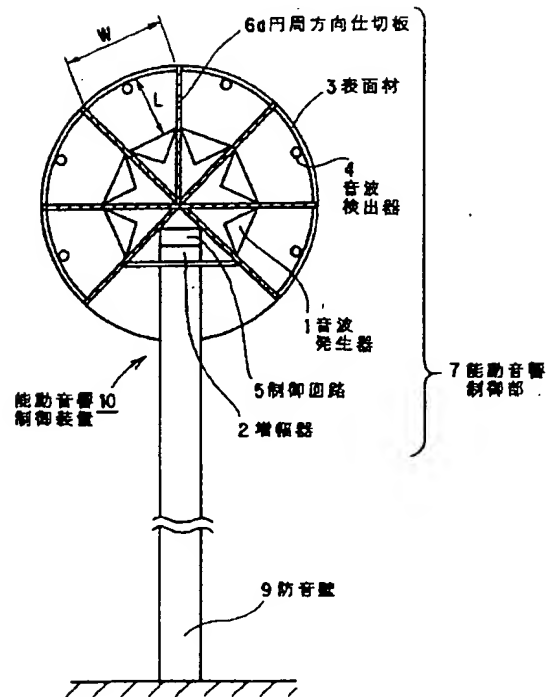
【図8】



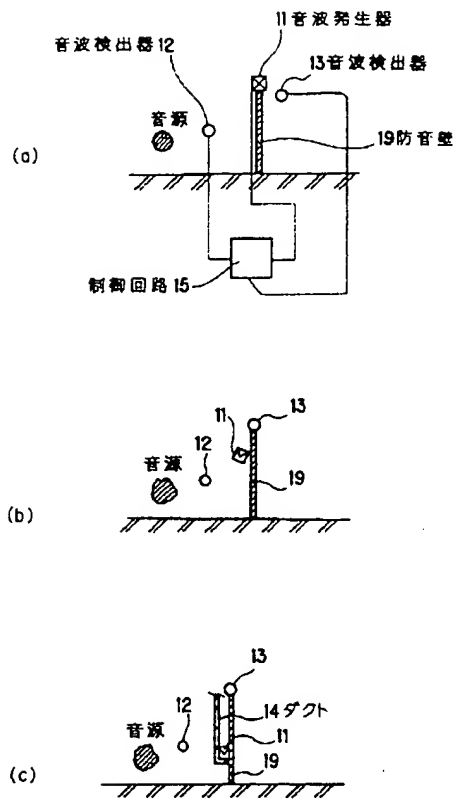
【図9】



【図10】



【図 1 1】



【図 1 2】

